

**Propuesta de procedimiento para la predicción del tipo de cambio a corto  
plazo mediante la utilización de técnicas contrastadas**

*Proposed Procedure for Short-term Exchange Rate Prediction Using  
Contrasted Techniques*

Fidel de la Oliva de Con<sup>1</sup>\* <https://orcid.org/0000-0002-1284-9218>

Reinaldo Molina Fernández<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad de La Habana, Cuba.

\*Autor para la correspondencia. [fdelaoliva@fcf.uh.cu](mailto:fdelaoliva@fcf.uh.cu)

**RESUMEN**

En las relaciones financieras internacionales, la predicción del tipo de cambio es un elemento esencial para la exitosa realización de transacciones comerciales o de inversión. El objetivo de esta investigación es proponer un procedimiento lo más insesgado posible para predecir el curso futuro del tipo de cambio. Para lograr los resultados enunciados se han contrastado un conjunto de técnicas de predicción, tales como: el análisis técnico, el alisamiento exponencial Holt-Winters, la metodología Box-Jenkins, los modelos ARCH-GARCH y los criterios para la toma de decisiones en condiciones de incertidumbre. El principal resultado de este estudio es que mediante el contraste de los valores obtenidos por las distintas técnicas se logra una mejor predicción del tipo de cambio como base para las decisiones vinculadas con la cobertura del riesgo cambiario.

**Palabras clave:** incertidumbres, técnicas de predicción, toma de decisiones.

***ABSTRACT***

*In international financial relations, exchange rate prediction is an essential element for the successful completion of commercial or investment transactions. The objective of this research is to propose a procedure as unbiased as possible to predict the future course of*

*exchange rates. In order to achieve these results, a set of predictive techniques have been compared, such as: technical analysis, Holt-Winters exponential smoothing, Box-Jenkins methodology, ARCH-GARCH models and criteria for decision making under uncertain conditions. The main result of this study is that by contrasting the values obtained by these different techniques, a better prediction of exchange rates is achieved, as a basis for decisions related to the coverage of exchange risks.*

**Keywords:** *uncertainties, predictive techniques, decision making.*

Recibido: 30/9/2019

Aceptado: 20/1/2020

## INTRODUCCIÓN

El mercado de divisas es el mercado financiero de mayor importancia en el mundo, con una gran incidencia en el comportamiento de otros mercados financieros, de bienes y de servicios. Un tema recurrente en la literatura especializada ha sido el intento de predecir el comportamiento del tipo de cambio, lo que constituye una tarea de alta complejidad debido al elevado grado de volatilidad que exhibe la variable. La predicción del tipo de cambio entraña un conjunto de ventajas que favorecen las transacciones comerciales y financieras mediante la generación de informaciones que sirven para la correcta cobertura del riesgo cambiario en las instituciones.

Existen diversas teorías que logran explicar los tipos de cambio, como los modelos monetarios, de portafolio y estadísticos, centrados en herramientas de predicción que proyectan y atribuyen determinados valores futuros a las variables nominales y reales. En la presente investigación se seleccionaron para su aplicación distintas técnicas de predicción con el objetivo fundamental de realizar el contraste de sus resultados para recomendar el futuro movimiento de la variable de estudio.

Al respecto, este trabajo se forja como un aporte a investigaciones anteriores realizadas en el país referentes a la predicción del tipo de cambio, pues se propone un procedimiento donde se contrastan los resultados más relevantes de las técnicas de predicción utilizadas.

# 1. METODOLOGÍA

El análisis técnico actual se remonta a los fundamentos expuestos por Charles H. Dow a finales del siglo XIX, basados en el comportamiento de los inversores, en su psicología y en el movimiento de los precios. Su principal criterio radica en el hecho de que los precios explican todo el comportamiento en el mercado e, incluso, que resumen la influencia del resto de los factores que provocan las fluctuaciones.

Para una correcta aplicación de esta técnica se debe tener en cuenta un conjunto de herramientas, como la elaboración de gráficos, pues constituyen su materia prima principal y pueden tener diferentes características en dependencia de su naturaleza. Los gráficos pueden ser de línea, de barras o de velas y muestran en todos los casos el precio del activo y el horizonte temporal de la cotización. La determinación de tendencias es otra de las herramientas principales del análisis técnico, ya que representa la evolución que siguen los precios (De la Oliva, 2016).

Otra herramienta indispensable es la identificación de patrones de cambio y continuidad occidentales o de velas japonesas. Mediante esta se puede reconocer el pronóstico futuro de la tendencia. Finalmente, el análisis basado en indicadores y osciladores técnicos, como las medias móviles, las bandas de Bollinger y el índice de fuerza relativa, por solo mencionar algunos, pueden apoyar de manera significativa al pronóstico. Existen numerosos indicadores: los que estudian la tendencia son denominados indicadores técnicos y aquellos llamados osciladores técnicos son los que analizan la fuerza y la velocidad con que se mueve el precio de un determinado valor (Abarca *et al.*, 2007).

## 2. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La predicción que utiliza series temporales supone explicar el resultado sobre el valor que tomará la serie en momentos futuros  $y_t + \ell$ , donde  $\ell$  representa el número de periodos hacia adelante que se considera para la predicción (González, 2009). Se define una serie de tiempo «como un conjunto de observaciones repetidas de la misma variable, siendo  $[y_1 + y_2 +$

...  $y_t$ ] desde  $y_1$  hasta  $y_t$ , donde  $y_1$  es el valor inicial de la serie y  $y_t$  es el valor final» (Castillo y Varela, 2005, p. 4).

El método de alisamiento o suavizamiento exponencial permite suavizar todos los datos al reducir su grado de dispersión y dar una mayor importancia a las cifras recientes. Esta técnica de pronóstico proporciona funciones de predicción basadas en el descuento de observaciones pasadas de una manera exponencial (González, 2009).

Un método de alisamiento utilizado es el Holt-Winters sin estacionalidad. Este se emplea generalmente cuando la serie presenta tendencia, pero no estacionalidad. Se puede modelar un pronóstico con tendencia mediante el factor  $\beta$ , por consiguiente, contiene dos factores de alisado: el  $\alpha$  y el  $\beta$ . El hecho de que contenga dos parámetros le vale para ponderar más la aleatoriedad de los datos o de la tendencia ( $\beta$ ), según el comportamiento de la serie. Este modelo parte de la ecuación de pronóstico 1 (Solís y Espallargas, 2005) (Ecuación 1).

$$\hat{Y}_{t+1} = (a_t + b_t T) \quad (1)$$

Otros modelos utilizados son los de Holt-Winters multiplicativo y aditivo. Constituyen una ampliación del modelo precedente, el cual incluye un parámetro de ajuste  $\gamma$  que modula la estacionalidad. Por tanto, se puede utilizar esta técnica cuando la serie presenta tendencia y estacionalidad. El método elige a  $\alpha$ ,  $\beta$  y  $\gamma$  como los parámetros a estimar, representando la media, la tendencia y la estacionalidad, respectivamente. Este se demuestra a partir de la ecuación de predicción 2 (Ecuación 2).

$$\hat{Y}_{t+T} = (a_t + b_t T) S F_{t+T}^* \quad (2)$$

La metodología Box-Jenkins parte del supuesto de que la serie que se pretende predecir es generada por un proceso estocástico, al cual se le atribuye un modelo que se compara con los datos históricos para observar si predice con buena exactitud o no. Esta metodología presenta tres modelos básicos fundamentales para su actuación: los modelos autorregresivos (AR), los de media móvil (MA) y los autorregresivos integrados de medias móviles (ARMA).

Para poder aplicar satisfactoriamente uno de los modelos descritos anteriormente, la metodología Box-Jenkins presenta los siguientes pasos para el modelo: identificación, estimación, examen de diagnóstico y pronóstico (Damodar y Dawn, 2010). Estos pasos constituyen un ciclo, ya que, si el modelo que se diagnostica en el paso tres no cumple con las características que se requieren para realizar el pronóstico, entonces se vuelve al paso uno y se comienza nuevamente, de ahí la capacidad iterativa de los modelos de regresión estándar o ARIMA.

Los modelos ARIMA no son los más adecuados para predecir series que presenten mucha volatilidad porque suponen que la varianza es constante a través del tiempo. En este sentido, es mejor proyectar el pronóstico a través de los modelos autorregresivos con heterocedasticidad condicional (ARCH), ya que logran predecir la varianza.

Los modelos ARCH expresan una varianza condicional como función lineal del cuadrado de los valores pasados del modelo (Argáez *et al.*, 2014). El modelo ARCH (q) está determinado por la Ecuación 3 y la Ecuación 4.

$$y_t = \varepsilon_t \sigma_t \quad (3)$$

$$\sigma_t^2 = \omega + \sum_{i=1}^q \alpha_i y_{t-i}^2 \quad (4)$$

Una de las contribuciones más importantes de los modelos ARCH es mostrar que las variaciones que se producen en la volatilidad de las series temporales económicas pueden explicarse mediante una determinada forma de dependencia no lineal. Además, permite predecir dichos cambios en la volatilidad sin necesidad de recurrir a la modelización explícita de cambios estructurales en la varianza (Novales y García, 1993).

El modelo ARCH (q) contiene ciertas dificultades en su estimación cuando se aplica a series de tiempo dinámicas, como las series financieras, ya que estas presentan un alto número de iteraciones para alcanzar una solución al sistema planteado. Por ello se desarrollaron en 1983 ciertas restricciones a los parámetros del ARCH (1) que simplifican su estimación, pero estas

no eran capaces de recoger cualquier situación y se tuvo que recurrir a otro modelo denominado GARCH (De Acre y Klein, 1998).

Estos modelos están constituidos en una familia formada por los modelos autorregresivos con heterocedasticidad condicional generalizados (GARCH), autorregresivos con heterocedasticidad condicional generalizados integrados (IGARCH), autorregresivos con heterocedasticidad condicional generalizados exponenciales (EGARCH) y autorregresivos con heterocedasticidad condicional generalizados con umbral (TGARCH). Cada uno de estos logra corregir errores de estimación específicos que presentaba el inicial modelo ARCH.

En condiciones de incertidumbre, las técnicas cuantitativas para la toma de decisiones demuestran la capacidad para precisar pronósticos, teniendo en cuenta un conjunto de estados de la naturaleza. De esta forma se puede llegar a un resultado más preciso, determinado por los valores y las actitudes personales (Felipe, 2008).

Los principales criterios de decisión para la situación de incertidumbre son, en primer lugar, del tipo pesimista, representados por el propio criterio pesimista o de Wald y el criterio de Savage; en segundo lugar, son de tipo optimista, como el propio criterio optimista y el de Horwicz, así como el criterio de Laplace que establece sus resultados a partir de asumir iguales probabilidades para todos los elementos de análisis.

La toma de decisiones en condiciones de incertidumbre es una tarea convencional y subjetiva, por lo que la selección de un criterio u otro depende de las intuiciones, experiencias y objetivos del analista. Los criterios de selección pueden conducir a diferentes recomendaciones, lo que permite expresar los elementos esenciales que se deben tener en cuenta para seleccionar una alternativa, valorándola desde diferentes puntos de vista.

Para articular objetivamente la propuesta diseñada en la presente investigación es necesario organizar de forma consiente la información a utilizar, de manera que el procedimiento sea transparente y se evite el mínimo error en el momento de la estimación. Se proponen los siguientes pasos lógicos:

1. Selección del horizonte temporal de la muestra y del pronóstico, así como la frecuencia de las observaciones: se selecciona la variable objeto de estudio y el horizonte temporal para el pronóstico, teniendo en cuenta la frecuencia de los datos. El procedimiento propuesto tiene la capacidad de adecuarse a cualquier variable

financiera y específicamente a los tipos de cambio. El horizonte temporal de la muestra seleccionada debe ser lo suficientemente grande como para no perder observaciones relevantes en las estimaciones, por lo que se recomienda una muestra de no menos de cien observaciones.

2. Aplicación y validación las técnicas de predicción seleccionadas: se utilizan las herramientas de análisis técnico de manera conjunta para contrastar el efecto de las predicciones, logrando un escenario predictivo irrevocable y debidamente justificado. Se tienen en cuenta la identificación de patrones de cambio y continuidad tanto del análisis occidental como el de velas japonesas, con el objetivo de lograr un seguimiento de la acción del precio para un futuro movimiento de la cotización. Se trabaja con dos medias móviles de diferentes sesiones, requiriendo observar el efecto de sus intercepciones para confirmar las tendencias futuras. Se aplica el oscilador de índice de fuerza relativa (RSI) con el objetivo de obtener una primera aproximación de momentos importantes donde el precio indica una sobrecompra o sobreventa y justificar de manera acertada la continuación de la tendencia o su desarrollo contrario. Por último, la utilización de las bandas de Bollinger arroja una medida intencional del curso del precio en el futuro y también sirven para demostrar las fluctuaciones que pueden ocurrir en torno a la cotización y su volumen de negociación. Seguidamente se aplican las técnicas basadas en series temporales en el orden ilustrado en el apartado correspondiente a los aspectos teóricos; para ello se utiliza el *software* Eviews versión 9.

Los modelos de alisamiento exponencial Holt-Winters se utilizan en sus variantes sin estacionalidad, aditivo y multiplicativo. Para el pronóstico a corto plazo se selecciona un valor para la constante de alisamiento cercano a la unidad, ya que en ese caso la predicción estaría influenciada por los valores históricos más recientes. De contener incertidumbre en la selección del valor de la constante, este se puede obtener mediante el Eviews de manera automática, representado por el valor que hace mínima la suma de cuadrado residual. Estos modelos no fueron teóricamente diseñados para series que contienen alta volatilidad y tampoco para cuando se pronostican más de tres periodos. Para remediar el problema anterior se debe tener en cuenta la metodología Box-Jenkins.

Al aplicar la metodología Box-Jenkins se demuestra el comportamiento de la serie previamente estacionaria mediante modelos autorregresivos, de medias móviles o autorregresivos integrados de medias móviles. Dicha demostración se realiza con el objetivo particular de percibir el proceso estocástico generado por los datos históricos y para conocer de qué forma podrían influir esos datos en las predicciones posteriores. Los modelos ARIMA son teóricamente efectivos para series que presentan media cero y varianza constante, de ahí que se imponga la condición del ruido blanco en los residuos para mejorar la predicción. Para seleccionar el mejor de estos modelos se tienen en cuenta los criterios de selección de Akaike y Schwarz.

A continuación se corren los modelos de la familia ARCH-GARCH, ya que han sido diseñados particularmente para su aplicación en series financieras. Estos eliminan los errores cometidos por los modelos anteriores al capturar la volatilidad y modelar la serie de manera que la varianza arrojada por las observaciones pasadas incida en el comportamiento futuro de la variable. La captura de la volatilidad se lleva a cabo mediante la varianza condicional y para ello se parte de un modelo originado de forma autorregresiva. Se utilizan todos los modelos de la familia ya que tienen características diferentes y se selecciona el mejor de ellos a partir de los criterios de selección de Akaike y Schwarz.

Los criterios para la toma de decisiones en condiciones de incertidumbre se aplican con el objetivo de contrastar los valores pronosticados mediante las técnicas econométricas en un contexto pesimista, optimista o promedio. Con su uso se puede llegar a un valor que sea objetivo pero que demuestre las necesidades subjetivas del decisor. Son una herramienta interesante y de fácil aplicación que interrelaciona valores numéricos con exigencias de expectativas racionales.

3. Selección de los mejores modelos de predicción y análisis de sus resultados: una vez aplicados los modelos de predicción basados en series temporales se debe seleccionar el mejor de ellos mediante la comparación de los valores de la raíz del error cuadrático medio correspondiente a sus estimaciones puntuales y por intervalos. Para ello es preciso el apoyo de los criterios de selección de Akaike y Schwarz. El mejor modelo econométrico debe presentar los menores errores de estimación posibles para que los datos futuros a estimar no presenten altas volatilidades, por lo que es preciso llevar a

cabo la selección mediante el menor valor que arrojen los criterios de selección antes expuestos.

Finalmente se analizan los resultados arrojados a partir de la aplicación de las técnicas de predicción, con el objetivo de seleccionar una mejor combinación. Para ello se tienen en cuenta, principalmente, los criterios de selección. Mediante la aplicación de los pasos lógicos expuestos se destaca como premisa la interacción de los mejores modelos y resultados predictivos de las técnicas utilizadas, así como la puesta en práctica del contraste que existe entre ellos para lograr un pronóstico futuro acertado.

### **3. ILUSTRACIÓN DEL PROCEDIMIENTO**

#### **3.1. Selección de la muestra y el horizonte temporal**

El horizonte temporal para el pronóstico es de 30 días hábiles, por tanto, la información correspondiente debe tener una frecuencia diaria. La variable seleccionada a pronosticar para esta ilustración es el tipo de cambio euro-dólar, aunque el procedimiento propuesto tiene la capacidad de adecuarse a cualquier tipo de cambio. El horizonte temporal de la muestra seleccionada está comprendido desde el 28 de septiembre de 2018 hasta el 14 de febrero de 2019, lo que corresponde a un total de cien observaciones. De esta manera, los datos seleccionados están acorde a los valores históricos más inmediatos para que los más antiguos no afecten la predicción a corto plazo.

#### **3.2. Aplicación de las técnicas de predicción**

##### **3.2.1. Análisis técnico**

Según el análisis de la cotización, se muestra una fuerte tendencia principal bajista que comienza en abril de 2018 condicionada por el patrón de doble techo tras la ruptura de la línea de tendencias alcista anterior y el último mínimo mayor, enmarcada por cuatro mínimos menores consecutivos. La tendencia comienza con una caída significativa de velocidad rápida, pero a medida que se acerca al año 2019 se va ralentizando, creando momentos de fuertes contracciones para el canal bajista identificado con las líneas color verde.

De acuerdo con el análisis técnico, se tiene en cuenta para el pronóstico la identificación de tendencias, soportes y resistencias, los patrones de vuelta occidentales y de vela y los indicadores y osciladores técnicos. En el análisis de la cotización impacta con gran importancia la marcada inclinación de los indicadores y las herramientas de análisis que explican la continuación de una tendencia bajista. El escenario futuro más favorable es el rompimiento del soporte de 1,1266 y el posicionamiento de la cotización alrededor de los 1,1200, de manera que se generaría un nuevo mínimo y como consecuencia un nuevo máximo sobre los 1,1570, por lo que en un primer momento el pronóstico estaría sobre el rango de 1,1200-1,1570. En un segundo momento y dado que todas las herramientas de análisis técnico indican la depreciación del tipo de cambio, es muy probable que para los próximos 30 días el precio no llegue a los 1,1570. Por tanto, sería razonable modificar el intervalo a 1,1200-1,1471, donde 1,1471 es el valor que toma la resistencia más cercana a la cotización.

### 3.2.2. Alisamiento exponencial Holt-Winters

Al aplicar las tres variantes del método Holt-Winters, se comprueba que todos son buenos para modelar la serie futura, debido a que en todos los casos la constante de alisamiento es cercana a 1, lo que indica que los valores históricos más cercanos tienen una relevancia mayor en el pronóstico y, además, la raíz del error cuadrático medio de cada uno es muy similar. Sin embargo, se selecciona un método en específico (Tabla 1).

**Tabla 1.** Raíz del error cuadrático medio de los modelos de alisamiento exponencial Holt-Winters

<b>Método</b>	<b>RECM</b>
Sin estacionalidad	0,004023
Aditivo	0,003983
Multiplicativo	0,003982

El modelo que presenta una menor raíz del error cuadrático medio y, por tanto, logra un alisado con menos errores es el Holt-Winters multiplicativo. Mediante este modelo se aplica el pronóstico extendiendo las observaciones 30 días posteriores a la última observada, o sea, hasta el 28 de marzo de 2019.

### 3.2.3. Metodología Box-Jenkins

La metodología Box-Jenkins parte del supuesto de que la serie que se origina depende de los valores pasados de sí misma y de sus errores aleatorios, por tanto, esta debe considerarse estacionaria.

La serie a nivel presentada no es estacionaria, por lo que se transforma en logarítmica para disminuir la escala y reducir la volatilidad en varianza y luego se corre en su primera diferencia para eliminar la variación de la media. El efecto de la estacionariedad (en sentido débil) se arroja mediante las pruebas de la raíz unitaria de Dickey-Fuller y Phillips- Perron, así como con el análisis del correlograma.

Las pruebas de la raíz unitaria en sus variantes con intercepto, con tendencia e intercepto y sin tendencia e intercepto obtienen valores significativos, por lo que se rechaza la hipótesis nula con ausencia de raíz unitaria cumpliendo con el supuesto de estacionariedad y, por consiguiente, es apta para correr el modelo de pronóstico ARIMA correspondiente.

Con la serie diferenciada se corren los modelos ARI (1,1), IMA (1,1), y ARIMA (1,1,1) para verificar la significación de la ecuación de estimación y de los parámetros. De la salida del Eviews se obtiene que los modelos anteriores cumplen con todas las pruebas globales y parciales, pero solo el modelo ARIMA (1,1,1) presenta el menor valor según los criterios de Akaike y Schwarz, siendo este el modelo seleccionado para la predicción (Tabla 2).

**Tabla 2.** Criterios de selección de los modelos ARIMA

<b>Modelos</b>	<b>Akaike</b>	<b>Schwarz</b>
ARI (1,1)	-8,137748	-8,08499
IMA (1,1)	-8,145939	-8,093512
ARIMA (1,1,1)	-8,257648	-8,304773

### 3.2.4. Modelos autorregresivos con heterocedasticidad condicional (ARCH-GARCH)

Para poder aplicar los modelos de la familia ARCH-GARCH a la serie propuesta se realiza la prueba de efecto ARCH al modelo ARIMA seleccionado, cuyo valor está por debajo del

nivel de significación con que se trabaja. Por tanto, la serie presenta heterocedasticidad y se puede explicar mediante estos modelos (Tabla 3).

**Tabla 3.** Prueba de efecto ARCH

Heteroskedasticity Test ARCH			
F-statistic	11,67278	Prob. F(1.97)	0,0009
Obs*R-squared	10,63381	Prob. Chi-Square(1)	0,0011

Se corren los modelos ARCH (1,0), GARCH (1,1), TGARCH (1,1,1), EGARCH (1,1,1) e IGARCH (1,1) y se filtran a partir de las pruebas de máxima verosimilitud globales y específicas del estadístico LM-Multiplicadores de Lagrange. Seguidamente se selecciona el mejor modelo atendiendo a los criterios de Akaike y Schwarz (Tabla 4).

**Tabla 4.** Criterios de selección de los modelos de la familia ARCH-GARCH

Modelos	Akaike	Schwarz
ARCH (1,0)	-8,172365	-8,040479
GARCH (1,1)	-8,232297	-8,034033
TGARCH (1,1,1)	-8,244705	-8,060065
EGARCH (1,1,1)	-8,222912	-8,038103
IGARCH (1,1)	-8,175673	-8,043786

El modelo TGARCH (1,1,1) es el que menores valores toma en cuanto a los criterios de selección. Por consiguiente, es el mejor modelo de la familia ARCH-GARCH que se adapta a los datos de la serie.

El modelo seleccionado es un autorregresivo de heterocedasticidad condicional generalizado con umbral (TGARCH), que permite modular las estimaciones futuras al tener en cuenta el efecto que presentan las malas y las buenas noticias de manera directa en la varianza condicional del propio pronóstico. De esta forma cuando las desviaciones toman valores positivos se afirma que los retardos están influidos por las buenas noticias y son mayores que cero. Por otra parte, cuando las desviaciones toman valores negativos está determinado por el efecto de las malas noticias sobre los retardos y por consiguiente son menores que cero.

## 4. SELECCIÓN DEL MEJOR MODELO DE PRONÓSTICO ECONOMÉTRICO

Para seleccionar el mejor modelo econométrico para el pronóstico se compara el valor de la raíz del error cuadrático medio de cada modelo. Para ello se presentan en la Tabla 5 los valores de la raíz del error cuadrático medio que presenta cada modelo econométrico utilizado.

**Tabla 5.** Raíz del error cuadrático medio de los modelos econométricos

<b>Modelos</b>	<b>RECM</b>
Holt-Winters multiplicativo	0,003982
ARIMA (1,1,1)	0,001569
TGARCH (1,1,1)	0,001529

El modelo TGARCH (1,1,1) presenta la menor raíz del error cuadrático medio, lo cual indica que es el que mejores posibilidades tiene de ajustarse a los datos de la serie propuesta y, por consiguiente, puede lograr la mejor estimación posible.

## 5. CRITERIOS PARA LA TOMA DE DECISIONES EN CONDICIONES DE INCERTIDUMBRE

En un contexto de incertidumbre en el comportamiento de los tipos de cambio se aplican las herramientas anteriores para contrastar los escenarios probables en los resultados de los pronósticos de las técnicas de predicción empleadas. Se le otorga carácter de decisión alternativa a las fechas de las cotizaciones y de estados de la naturaleza a los modelos econométricos. Con el fin de enarbolar este procedimiento, se toman los datos de las estimaciones puntuales de los modelos Holt-Winters, ARIMA y TGARCH.

Se ilustran los valores estimados para los criterios pesimista, optimista, Laplace, Savage y Horwicz, corregidos por sus coeficientes de corrección correspondientes, y que arrojan un valor que sirve para contrastar los pronósticos anteriores (Tabla 6).

**Tabla 6.** Valor corregido de los criterios para la toma de decisiones en condiciones de incertidumbre

<b>Criterios</b>	<b>Valor estimado</b>	<b>Coefficiente de corrección</b>	<b>Valor corregido</b>
Pesimista	1,1294	1,8716 %	1,1083
Optimista	1,1391	3,0735 %	1,1041
Laplace	1,1316	2,3743 %	1,1047
Savage	1,1337	2,0500 %	1,1105
Hurwicz	1,1306	2,0641 %	1,1073

Con los datos de las estimaciones de los criterios anteriores se pueden formar rangos. Para conformar el rango se asume como valor mínimo el del criterio pesimista, siendo este 1,1294, y como valor máximo el del criterio optimista de 1,1391. La selección de estos intervalos depende de las expectativas y preferencias del investigador.

## **6. RESULTADOS DE LA APLICACIÓN DE LAS TÉCNICAS DE PRONÓSTICO**

El análisis técnico resultó de gran utilidad al lograr estimar efectivamente la tendencia que adquirió el curso del tipo de cambio mediante la observación de patrones de vuelta occidentales y de velas japonesas, así como la aplicación e interpretación de los resultados significativos que arrojaron las medias móviles, el RSI y las bandas de Bollinger. El horizonte correspondiente a la predicción se centró en la identificación de una tendencia bajista debido a la continuación de valores mínimos en la cotización y, además, se estableció un rango para la predicción, basado en la utilización de soportes y resistencias sobre los 1,1200-1,1471.

El mejor de los modelos econométricos, según la raíz del error cuadrático medio, fue el TGARCH. El modelo seleccionado demostró una estimación ligeramente inclinada hacia la apreciación para volver a caer posteriormente de forma leve. La varianza condicional estimulada por el umbral del modelo TGARCH aporta solidez a los datos obtenidos, ya que logra captar la volatilidad que presenta la serie presentada, logrando un mejor análisis y ajuste del pronóstico.

Los criterios para la toma de decisiones en condiciones de incertidumbre demostraron valores corregidos que difieren en alguna medida con los valores arrojados por las técnicas anteriores. Además, mediante los valores arrojados por los criterios pesimista y optimista se pudo crear un rango entre 1,1294 -1,1391 muy cercano al real. Estos criterios contribuyen a reforzar las distintas estimaciones de las técnicas de pronóstico precedentes.

## CONCLUSIONES

En el presente trabajo se propuso un procedimiento que se inicia con la preparación de la muestra y el horizonte temporal del pronóstico, para aplicar posteriormente las técnicas de:

- Análisis técnico.
- Alisamiento exponencial Holt-Winters.
- Metodología Box-Jenkins.
- Modelos de la familia ARCH-GARCH.
- Criterios para la toma de decisiones en condiciones de incertidumbre.

Por último, se obtuvieron los resultados contrastados de los pronósticos y se seleccionó la mejor combinación de técnicas predictivas.

El procedimiento aplicado arrojó valores significativos al otorgar evidencia de la identificación de tendencias, soportes y resistencias mediante las herramientas del análisis técnico, utilizadas en contraste con el análisis fundamental de los indicadores macroeconómicos más importantes. El modelo TGARCH (1.1.1) logró predecir la serie con un sesgo menor, demostrando con sus resultados que el efecto de las buenas y malas noticias impactan directamente en la varianza condicional y a su vez en los eventos futuros del tipo de cambio. Los criterios para la toma de decisiones arrojaron valores para los escenarios pesimista, optimista y promedio, concretando un rango sobre 1,1294-1,1391 muy útil para la estimación por intervalo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABARCA, AM., ALARCÓN, F., PINCHEIRA, P., y SELAIVE, J. (2007). Tipo de cambio nominal chileno: predicción en base al análisis técnico. *Banco Central de Chile. Documentos de Trabajo*, (425).  
[https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjL\\_sXeIYnpAhVKn-AKHcWRCqoQFjAAegQIARAB&url=https%3A%2F%2Fdialognet.unirioja.es%2Fdescarga%2Farticulo%2F2336403.pdf&usg=AOvVaw0vE4dr1\\_OqPYxi7gWx5pqf](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjL_sXeIYnpAhVKn-AKHcWRCqoQFjAAegQIARAB&url=https%3A%2F%2Fdialognet.unirioja.es%2Fdescarga%2Farticulo%2F2336403.pdf&usg=AOvVaw0vE4dr1_OqPYxi7gWx5pqf)
- ARGÁEZ, J., BATÚN CUTZ, JL., GUERRERO LARA, E., KANTÚN CHIM, D., MEDINA PERALTA, S., y PANTÍ TREJO, H. (2014). Un paseo por los modelos GARCH y sus variantes. *Abstraction & Application*, (10), 35-50.  
[https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiU4tiCk4npAhVCZN8KHf9\\_DVEQFjAAegQIARAB&url=https%3A%2F%2Fpdfs.semanticscholar.org%2F830c%2Fc909da6aabe4c31358049f58271036ae5c82.pdf&usg=AOvVaw0aVNAIMqEpE6u4MePFcNYx](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiU4tiCk4npAhVCZN8KHf9_DVEQFjAAegQIARAB&url=https%3A%2F%2Fpdfs.semanticscholar.org%2F830c%2Fc909da6aabe4c31358049f58271036ae5c82.pdf&usg=AOvVaw0aVNAIMqEpE6u4MePFcNYx)
- CASTILLO, R., y VARELA, R. (2005). *Econometría práctica: fundamentos de series de tiempo*. Universidad de Baja California, México.
- DAMODAR, N., y DAWN, C. (2010). *Econometría* (quinta edición). Editorial MacGraw-Hill.
- DE ACRE, R. y KLEIN, IL. (1998). *Introducción a los modelos autorregresivos de heterocedasticidad condicional (ARCH)* (documento de trabajo). Instituto L. R. Klein.
- DE LA OLIVA, F. (2016). *Gestión del riesgo financiero internacional*. Editorial Félix Varela.
- FELIPE, P. (2008). *Teoría de la decisión. Folleto instructivo para la teoría de la asignatura de investigación de operaciones*, Facultad de Economía, Universidad de La Habana.
- GONZÁLEZ, MP. (2009). *Técnicas de predicción económica*. Editorial Sarriko-on.
- NOVALES, A., y GARCÍA, M. (1993). Guía para la estimación de modelos ARCH. *Estadística Española*, 35 (132), 5-38.
- SOLÍS, M., y ESPALLARGAS, D. (2005). *Monografía de econometría y series temporales*. Departamento de estadística, Facultad de Economía, Universidad de La Habana.

### **Conflictos de intereses**

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses.

### **Contribución autoral**

FIDEL DE LA OLIVA DE CON: tutor y responsable de la integridad del trabajo, contribuyó, junto al estudiante, a la evaluación y discusión de los resultados de la investigación.

REINALDO MOLINA FERNÁNDEZ: contribuyó con la evaluación y discusión de los resultados de la investigación, así como en las conclusiones y revisión de las referencias bibliográficas.